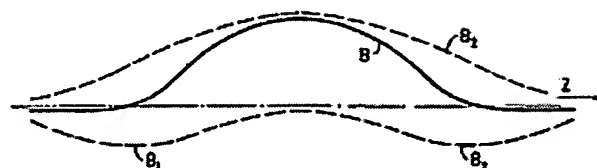


## Antenna array for a magnetic resonance instrument

**Patent number:** DE4331021  
**Publication date:** 1995-03-16  
**Inventor:** DUERR WILHELM DR ING [DE]; REQUARDT HERMANN DR PHIL [DE]; HANKE WILHELM DIPL ING [DE]  
**Applicant:** SIEMENS AG [DE]  
**Classification:**  
- international: G01R33/54; G01R33/36; H01Q3/26; A61B5/055  
- european: G01R33/3415; H01Q3/30  
**Application number:** DE19934331021 19930913  
**Priority number(s):** DE19934331021 19930913

### Abstract of DE4331021

In the case of an antenna array for a magnetic resonance instrument, a multiplicity of essentially identically aligned antenna elements (8, 10, 12; 30, 32, 34, 36) are arranged next to one another and magnetically decoupled from each other. Each antenna element (8, 10, 12; 30, 32, 34, 36) is provided with a transmission arrangement (18) which supplies a transmission signal (I2, I2, I3, I4) to the corresponding antenna element. The transmission arrangements (18) comprise phase-shift (phase-modulation) means (19), using which the phase relationships of the transmission signals (I2 I2, I3, I4) can be adjusted.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

Best Available Copy

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 43 31 021 A 1**

⑤1 Int. Cl.<sup>8</sup>:  
**G 01 R 33/54**  
G 01 R 33/36  
H 01 Q 3/26  
A 61 B 5/055

②1 Aktenzeichen: P 43 31 021.4  
②2 Anmeldetag: 13. 9. 93  
④3 Offenlegungstag: 16. 3. 95

DE 43 31 021 A 1

⑦1 Anmelder:  
Siemens AG, 80333 München, DE

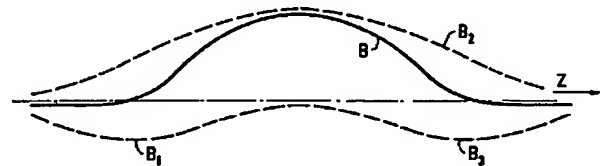
⑦2 Erfinder:  
Dürr, Wilhelm, Dr.-Ing., 91056 Erlangen, DE;  
Requardt, Hermann, Dr.phil.nat., 91056 Erlangen, DE;  
Hanke, Wilhelm, Dipl.-Ing., 90607 Rückersdorf, DE

⑤6 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht zu ziehende Druckschriften:

DE	40 30 878 A1
DE	38 20 169 A1
DE	38 20 168 A1
DE	35 35 463 A1
DE	28 40 178 A1
GB	22 54 152 A
US	51 44 243
US	46 82 112

⑤4 Antennenarray für ein Magnetresonanzgerät

⑤7 Bei einem Antennenarray für ein Magnetresonanzgerät sind eine Vielzahl von im wesentlichen gleich ausgerichteten Antennenelementen (8, 10, 12; 30, 32, 34, 36) nebeneinander angeordnet und magnetisch voneinander entkoppelt. Jedes Antennenelement (8, 10, 12; 30, 32, 34, 36) ist mit einer Sendeanordnung (18) verbunden, die dem entsprechenden Antennenelement ein Sendesignal ( $I_1, I_2, I_3, I_4$ ) zuführt. Die Sendeanordnungen (18) umfassen Phasenverschiebungsmittel (19) mit denen die Phasenlagen der Sendesignale ( $I_1, I_2, I_3, I_4$ ) einstellbar sind.



DE 43 31 021 A 1

Die Erfindung betrifft ein Antennenarray für ein Magnetresonanzgerät mit einer Vielzahl von nebeneinander angeordneten, im wesentlichen gleich ausgerichteten Antennenelementen, die magnetisch voneinander entkoppelt sind.

Ein Antennenarray der eingangs genannten Art ist aus der PCT-Patentanmeldung WO 89/05115 bekannt. Das Antennenarray besteht aus einer Vielzahl von nebeneinander angeordneten und magnetisch entkoppelten Antennenelementen, die zum Empfang von Magnetresonanzsignalen einem Untersuchungsgebiet zugeordnet sind. Die Antennenelemente sind als rechteckförmige Leiterschleifen ausgebildet. Zur magnetischen Entkopplung überlappen sich benachbarte Antennenelemente.

Die von den einzelnen Antennenelementen empfangenen Signale werden zu einem gemeinsamen Signal zusammengesetzt, indem die Phasenverschiebungen zwischen den einzelnen Signalen aufgrund der räumlichen Orientierung der Antennenelemente berücksichtigt wird.

Ein Antennenarray für Empfangszwecke ist ebenfalls aus der EP-A-0 273 484 bekannt.

Zur Anregung der Magnetresonanz wird bisher wegen ihres homogenen Anregungsfeldes eine Ganzkörperantenne als Sendeantenne benutzt. Es ist jedoch wünschenswert den Ort und die Größe des Anregungsbereichs im Untersuchungsgebiet einzustellen.

Der Erfindung liegt nun die Aufgabe zugrunde, ein Antennenarray der eingangs genannten Art so weiterzubilden, daß eine Anregung in einem Bereich, der nach Ort und Größe einstellbar ist, möglich ist.

Die Aufgabe wird dadurch gelöst, daß jedes Antennenelement mit einer Sendeanordnung verbunden ist, die dem entsprechenden Antennenelement ein Sendesignal zuführt, und daß die Sendeanordnungen Phasenverschiebungsmittel umfassen, mit denen Phasenlagen der Sendesignale einstellbar sind. Die Phasenlagen der Sendesignale bestimmen den Ort und die Größe des angeregten Bereichs durch eine Feldformung oder Feldverteilung im Untersuchungsgebiet.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung umfassen die Sendeanordnungen Amplitudenstellmittel, mit denen Amplituden der Sendesignale einstellbar sind, wodurch die Feldformung neben einer entsprechenden Dimensionierung der Antennenelemente auch über die Amplituden der Sendesignale beeinflusst werden kann.

Die Erfindung wird im folgenden anhand von 7 Figuren erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 einen prinzipiellen Aufbau eines Antennenarrays,

Fig. 2 den Feldverlauf des Antennenarrays nach Fig. 1,

Fig. 3 eine Anordnung von zwei Antennenarrays, zur Erzeugung eines linear polarisierten Hochfrequenzfeldes,

Fig. 4 bandförmige Leiterstücke als Antennenelemente,

Fig. 5 ein zirkular polarisierendes Antennenarray mit linearen Teilantennen nach Fig. 3,

Fig. 6 Leiterschleifen als Antennenelemente und

Fig. 7 ein zirkular polarisierendes Antennenarray mit linearen Teilantennen nach Fig. 6.

Eine einfache Anordnung eines Antennenarrays zur Hochfrequenzanregung von Kernspins in einem Magnetresonanzgerät besteht gemäß Fig. 1 aus drei An-

tennenelementen 2, 4, 6. Die Antennenelemente 2, 4, 6 sind entlang einer z-Achse in Reihe angeordnet. Ein zur Anregung der Kernspins zusätzlich benötigtes Grundmagnetfeld (hier nicht dargestellt) verläuft ebenfalls in Richtung der z-Achse. Jedes Antennenelement 2, 4, 6 besteht aus jeweils zwei parallel und in gleichem Abstand zur z-Achse angeordneten Leiterstücken 8 bzw. 10 bzw. 12. Zur Anregung fließt beim Senden durch die gegenüberliegenden Leiterstücke 8 jeweils in entgegengesetzter Richtung ein Hochfrequenzstrom  $I_1$ , durch die Leiterstücke 10 entsprechend ein Hochfrequenzstrom  $I_2$  und durch die Leiterstücke 12 entsprechend ein Hochfrequenzstrom  $I_3$ . Hier interessiert nur das von den Antennenelementen 2, 4, 6 erzeugte Magnetfeld. Die Ströme  $I_1$  und  $I_3$  erzeugen an der z-Achse bei der eingezeichneten Stromrichtung ein Magnetfeld  $B_1$  bzw.  $B_3$ , das in Fig. 1 senkrecht zur Papierebene nach oben ausgerichtet ist. Dagegen erzeugt der Strom  $I_2$  an der z-Achse ein Magnetfeld  $B_2$ , das senkrecht zur Papierebene nach unten ausgerichtet ist. Es soll darauf hingewiesen werden, daß Ströme  $I_1, I_2, I_3$  tatsächlich Hochfrequenzströme im Megahertzbereich sind, so daß sich Polarität und Stärke der Magnetfelder  $B_1, B_2, B_3$  entsprechend ändert. Die Phasenlagen der Ströme  $I_1$  und  $I_2$  zueinander und  $I_2$  und  $I_3$  zueinander bleibt jedoch gleich und beträgt hier  $180^\circ$ .

Die Amplituden der von den Antennenelementen 2, 4, 6 erzeugten Magnetfelder  $B_1, B_2, B_3$  entlang der z-Achse sind in Fig. 2 gestrichelt gezeichnet. Die drei Magnetfelder  $B_1, B_2, B_3$  ergeben in Summe ein Magnetfeld  $B$ , das im wesentlichen senkrecht zur Papierebene nach unten ausgerichtet ist und dessen Amplitudenverlauf durch die durchgezogene Linie veranschaulicht ist. Aus dem Amplitudenverlauf des Summenfeldes  $B$  ist zu erkennen, daß sich der Anregungsbereich des Antennenarrays auf die Mitte konzentriert und daß sich zu den Enden hin ein gegenüber einem einzigen Antennenelement stärkerer Feldabfall ergibt. Das wird erreicht durch die Phasenverschiebung der Ströme  $I_1, I_2, I_3$  zueinander.

Fig. 3 zeigt nun ein Antennenarray mit einer Vielzahl von Antennenelementen, wobei hier nur drei Elemente 2, 4, 6 dargestellt sind, die tatsächliche Anzahl der Antennenelemente ist größer. Jedes Antennenelement 2, 4, 6 besteht aus zwei gegenüberliegend parallel angeordneten Leiterstücken 8, 10, 12, ähnlich wie schon anhand von Fig. 1 beschrieben ist. Die einzelnen Leiterstücke 8, 10, 12, sind hier alle mit einem Hochfrequenzschirm 14 elektrisch leitend direkt oder über Reaktanzen verbunden. Der Hochfrequenzschirm 14 umschließt zylindrisch ein Untersuchungsvolumen 16 und verhindert somit zumindest teilweise, daß hochfrequente Störfelder außerhalb des Hochfrequenzschirms 14 auftreten. Zur magnetischen Entkopplung der Antennenelemente 2, 4, 6 untereinander überlappen sich benachbarte Leiterstücke 8, 10, 12 gegenseitig. Die von jeweils einer Sendeanordnung erzeugten Sendesignale  $I_1, I_2, I_3$  werden kapazitiv oder induktiv den Leiterstücken 8, 10, 12 aufgeprägt.

Die Sendesignale  $I_1, I_2, I_3$  unterscheiden sich hier nicht nur in ihrer Phasenlage, sondern zur besseren Einstellung der Feldform auch in ihrer Amplitude. Der Unterschied der Phasenlagen der Sendesignale ist nicht auf  $180^\circ$  beschränkt, er kann — je nach gewünschter Feldform — beliebige Werte zwischen  $0^\circ$  und  $360^\circ$  aufweisen. Dazu umfaßt jede Sendeanordnung 18 Phasenverschiebungs- und Amplitudenstellmittel 19, die jeweils ein digitales Steuersignal mit einer entsprechenden Am-

plitude und Phasenlage erzeugen. Eine Steuerung 20 gibt die Amplituden und Phasenlagen vor. Die Sendeanordnungen 18 umfassen Digital-Analog-Wandler 21, die aus den digitalen analogen Steuersignalen erzeugen. Die von den Digital-Analog-Wandlern 21 erzeugten Steuersignale werden in den Sendeanordnungen 18 von Verstärkern 22 zu einem Leistungssignal verstärkt. Sollen Sendesignale mit einer Frequenz von z. B. 63 MHz erzeugt werden, kann die oben angegebene direkte Digital-Analog-Umsetzung noch zu ungenau oder zu aufwendig sein. Dann können die Sendesignale auch konventionell mit einer Mischstufe dazwischen erzeugt werden.

In Fig. 4 sind nun in einer Detailansicht die mit dem Hochfrequenzschirm verbundenen Leiterstücke 8, 10, 12, dargestellt. Die rechteckigen, bandförmigen Leiterstücke 8, 10, 12 überlappen sich zur magnetischen Entkopplung teilweise. Um die elektrische Isolierung der benachbarten Leiterstücke 8, 10, 12 zu erreichen, sind sie abwechselnd in zwei übereinanderliegenden Ebenen angeordnet. In Fig. 4 hat das Leiterstück 10 einen etwas größeren Abstand zum Hochfrequenzschirm 14 als die Leiterstücke 8, 12. Die elektrischen Verbindungen der rechteckförmigen Leiterstücke 8, 10, 12 zum Hochfrequenzschirm erfolgen über dünne Zuleitungen 20, die wegen der Überlappung durch entsprechende Durchgangslöcher 26 in den Leiterstücken 8, 12 durchgeführt sind.

Fig. 5 zeigt schematisch in einer Vorderansicht ein zirkular polarisierendes Antennenarray, das aus zwei um 90° in einer x-y-Ebene zueinander gedrehten linearen Teilantennen nach Fig. 3 aufgebaut ist. Die in Fig. 3 gezeigte z-Achse steht hier senkrecht auf der Papierebene. Die Sendeanordnungen 18 sind aus Übersichtlichkeitsgründen nicht dargestellt. Werden die beiden linearen Teilantennen mit um 90° phasenverschobenen Sendesignalen angesteuert, ergibt sich ein in der x-y-Ebene rotierendes Summenmagnetfeld B. Das Summenmagnetfeld B weist entlang der z-Achse die vorgegebene Feldform auf, wenn — wie schon oben beschrieben — die Sendesignale für die Antennenelemente 8, 10, 12 entsprechende Amplituden und Phasenverschiebungen aufweisen.

Fig. 6 zeigt ein Antennenarray, das aus Antennenelementen zusammengesetzt ist, die jeweils eine vollständige Leiterschleife 30, 32, 34, 36 bilden. Benachbarte Leiterschleifen 30, 32, 34, 36 überlappen sich zur magnetischen Entkopplung teilweise. Auch hier ist, wie anhand von Fig. 3 schon beschrieben, jede Leiterschleife 30, 32, 34, 36 mit einer Sendeanordnung 18 verbunden.

Fig. 7 zeigt in einer Vorderansicht ein zirkular polarisierendes Antennenarray, welches aus vier einzelnen linearen Teilantennen nach Fig. 6 aufgebaut ist. Die von dem Antennenarray nach Fig. 6 gebildeten Teilantennen sind auf dem Umfang eines Zylinders jeweils um 90° in einer x-y-Ebene gedreht angeordnet. Die Arrays selbst erstrecken sich in z-Richtung. Diese Anordnung kann auch ohne Hochfrequenzschirm betrieben werden. Hier überlappen sich zur magnetischen Entkopplung auch die Teilantennen teilweise. Bei einer Ansteuerung der Teilantennen mit um 90° phasenverschobenen Sendesignalen wird ein in der x-y-Ebene zirkular polarisiertes Hochfrequenzfeld B erzeugt. Die Feldformung entlang der z-Achse erfolgt über eine Speisung der Antennenelemente 30, 32, 34, 36, mit den entsprechenden Hochfrequenzströmen  $I_1, I_2, I_3, I_4$ , wie schon vorstehend beschrieben ist.

Wird zwischen den Antennenelementen 2, 4, 6 und

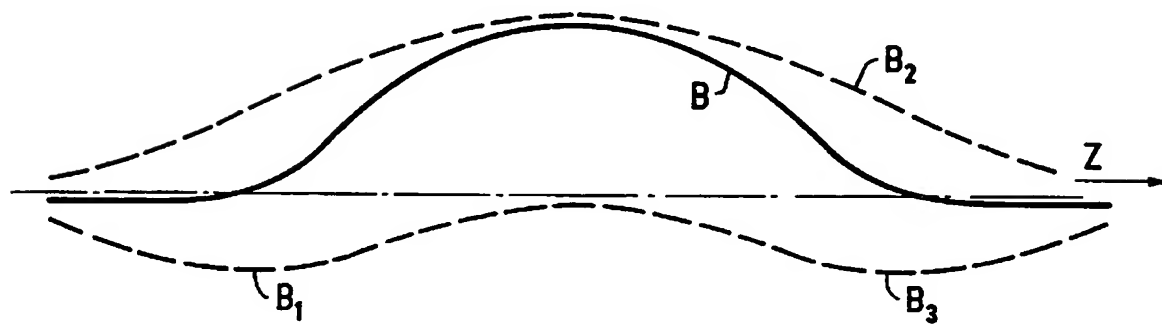
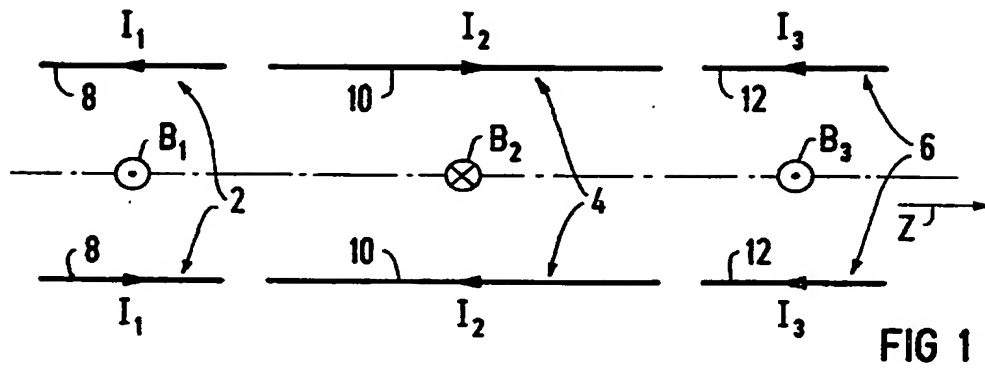
den Verstärkern 22 eine Sende-Empfangsweiche (hier nicht gezeigt) eingefügt, kann das Array ebenfalls zum Empfang von Kernspinresonanzsignalen verwendet werden.

#### Patentansprüche

1. Antennenarray für ein Magnetresonanzgerät mit einer Vielzahl von nebeneinander angeordneten, im wesentlichen gleich ausgerichteten Antennenelementen (8, 10, 12; 30, 32, 34, 36), die magnetisch voneinander entkoppelt sind, dadurch gekennzeichnet, daß jedes Antennenelement (8, 10, 12; 30, 32, 34, 36) mit einer Sendeanordnung (18) verbunden ist, die dem entsprechenden Antennenelement ein Sendesignal (11, 12, 13, 14) zuführt, und daß die Sendeanordnungen (18) Phasenverschiebungsmittel (19) umfassen, mit denen Phasenlagen der Sendesignale ( $I_1, I_2, I_3, I_4$ ) einstellbar sind.
2. Antennenarray nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Sendeanordnungen (18) Amplitudenstellmittel (19) umfassen, mit denen Amplituden der Sendesignale ( $I_1, I_2, I_3, I_4$ ) einstellbar sind.
3. Antennenarray nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß benachbarte Antennenelemente (2, 4, 6) teilweise überlappend angeordnet sind.
4. Antennenarray nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Antennenelemente (2, 4, 6) mit einem Hochfrequenzschirm (14) verbunden sind.
5. Antennenarray nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Antennenelemente (2, 4, 6) in einer Reihe angeordnet sind.
6. Antennenarray nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Antennenelemente (2, 4, 6) als Leiterschleifen (30, 32, 34, 36) ausgebildet sind.
7. Antennenarray nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Antennenelemente (2, 4, 6) als bandförmige Leiterstücke (8, 10, 12) ausgebildet sind.
8. Zirkular polarisierendes Antennenarray bestehend aus mindestens zwei linearen Teilantennen, dadurch gekennzeichnet, daß die linearen Teilantennen jeweils als Antennenarray nach einem der Ansprüche 1 bis 7 ausgebildet sind.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -



**FIG 2**

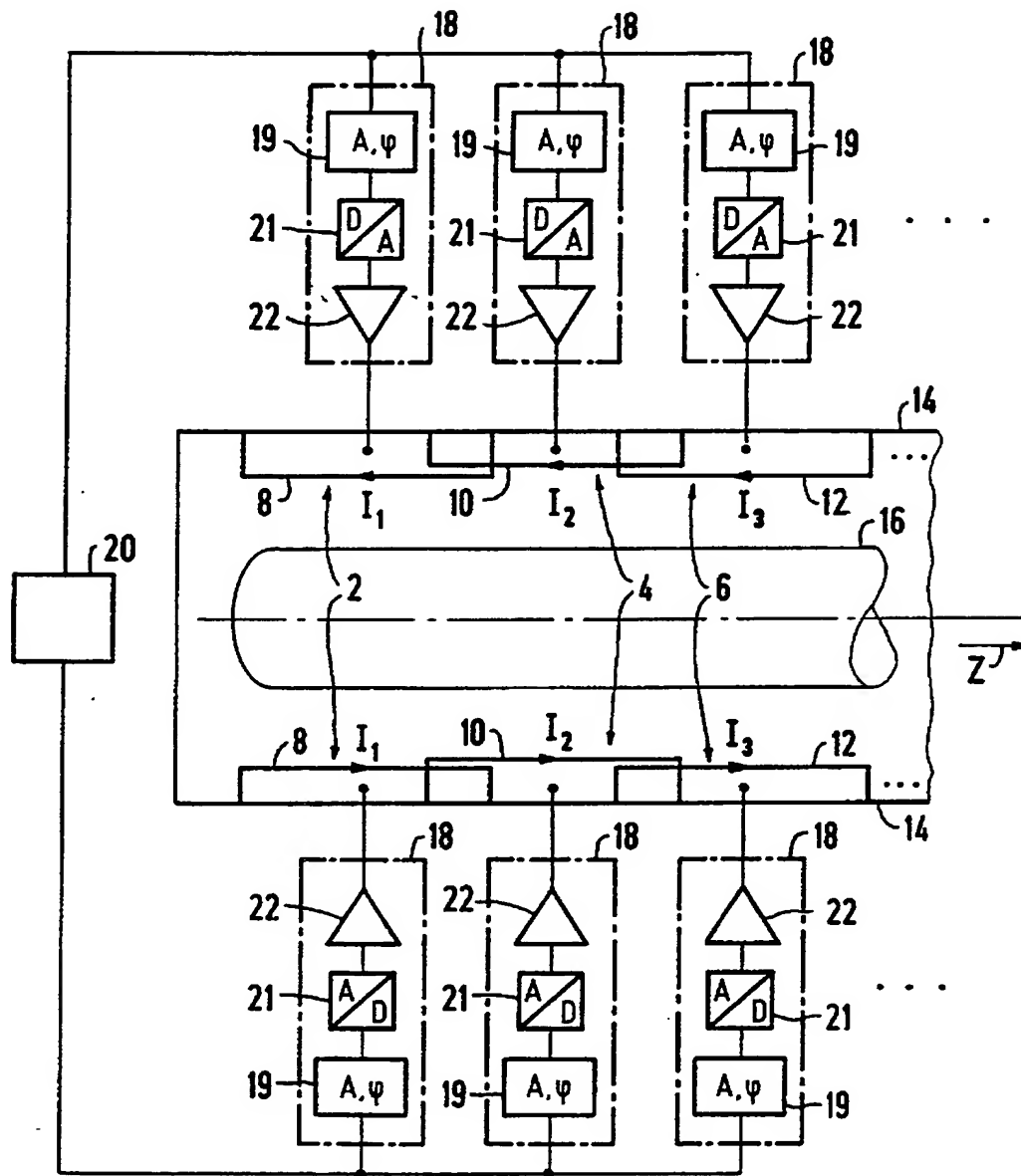
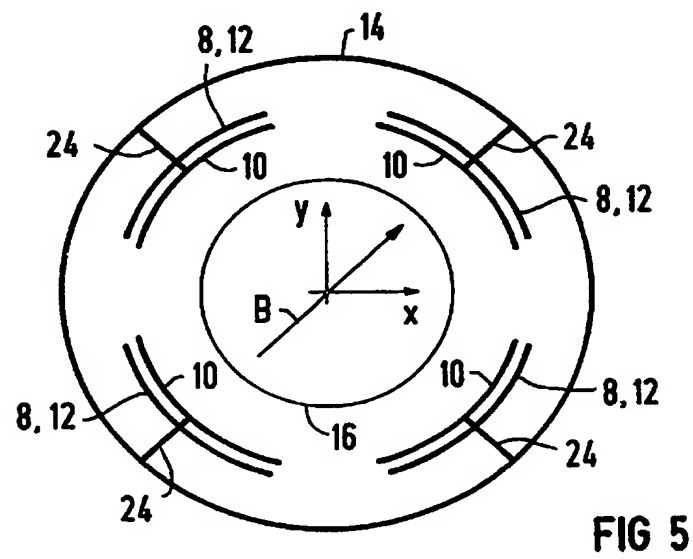
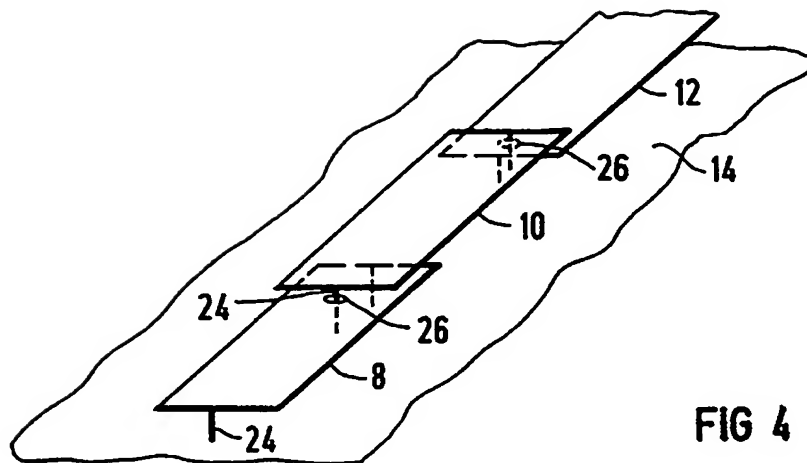


FIG 3





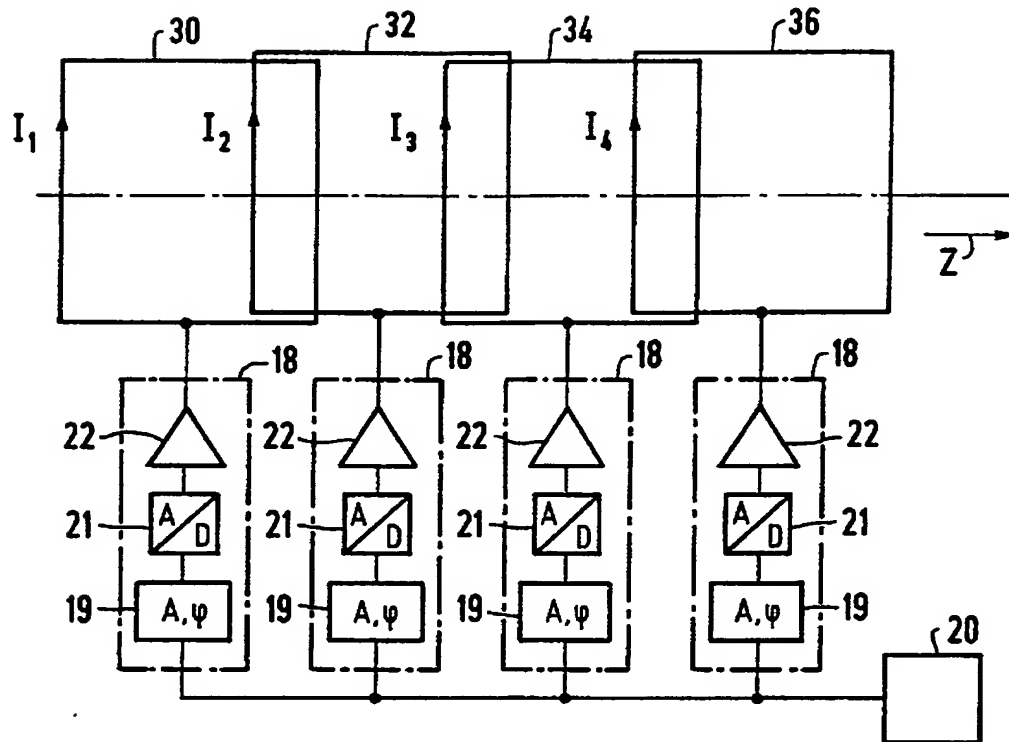


FIG 6

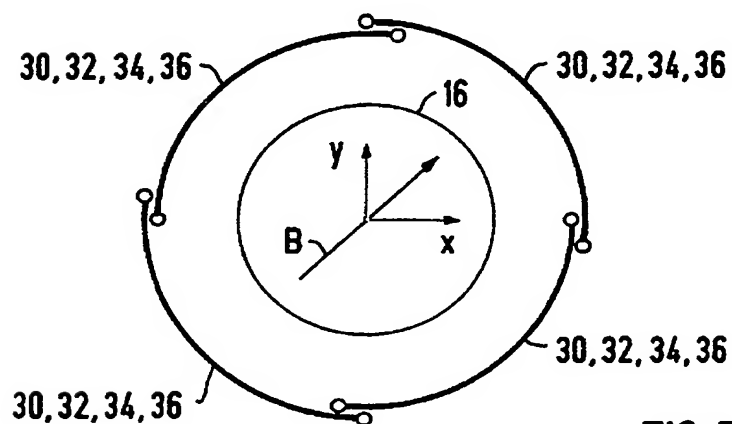


FIG 7